

Im

Tamyris Latuf Gregolini

IMPACTO DE MERGULHADORES EM RECIFES DE CORAIS

Florianópolis

2018

Tamyris Latuf Gregolini

IMPACTO DE MERGULHADORES EM RECIFES DE CORAIS

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Ciências Biológicas do Centro de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do Título
de Licenciado em Biologia
Orientador: Prof. Dr. Alberto Lindner

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra

Gregolini, Tamyris
Impacto de mergulhadores em recifes de corais / Tamyris
Gregolini ; orientador, Alberto Lindner, 2018.
38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) –
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Conservação. 2. Turismo, Austrália, Corais, Mergulho. I.
Lindner, Alberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Tamyris Latuf Gregolini

IMPACTO DE MERGULHADORES EM RECIFES DE CORAIS

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bióloga” e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação de Ciências Biológicas

Local, 18 de dezembro de 2018.

Prof. Carlos Roberto Zanetti, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Alberto Lindner, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Bárbara Segal Ramos, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. ^a Anaide Wrublevski Aued, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à todxs as pessoas que me deram suporte para que eu chegasse até aqui, em especial à minha mãe, ao meu pai e às minhas amigas que foram essenciais nesta conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha mãe, Rosana Latuf, pela mulher maravilhosa, forte, guerreira e batalhadora que ela é, sem dúvidas este momento também mérito dela. Obrigada por ser base e alicerce, sempre! Obrigada por me dar asas e me ensinar a voar! Também gostaria de agradecer ao meu pai, Carlos Alberto Gregolini, que em meio à tantas inseguranças entre me apoiar ou não, jamais deixou de me ajudar e se desconstruiu pra me ver voar. Julgo de extrema importância agradecer ao governo de Dilma Rousseff que desenvolveu e colocou em prática o programa Ciências Sem Fronteiras, pois sem essa oportunidade, esta pesquisa não teria sido possível. Considero essencial também agradecer à Universidade Federal de Santa Catarina, à coordenação e funcionários do Centro de Ciências Biológicas, que tornaram possível a realização desse intercâmbio, através de parcerias internacionais e suporte para o meu desenvolvimento científico. Agradeço à Universidade Curtin, em Perth, onde fui recebida com muito cuidado e dedicação e tive a oportunidade de crescer pessoal e profissionalmente. Agradeço aos meus professores, orientadores e colegas da Universidade Curtin, em especial: Mick O’leary, Nicola Browne, Maarten De Brauwier, Kelly Campbell, Louise Foley e Nicolas Bose que tornaram este trabalho real e colaboraram tanto com as dificuldades encontradas com o inglês, quanto orientando com artigos científicos e análises de resultados. Não menos importante, agradeço com o coração transbordando de gratidão à todas as minhas amigas e amigos que me acompanharam durante esta etapa da minha vida. Em especial à minha amiga/irmã Anna Remor e ao meu companheiro Duran Wegher que estão ao meu lado nos momentos fáceis e difíceis. E por fim, agradeço ao meu orientador Alberto Lindner e à banca composta pela Prof.^a Dr.^a Bárbara Segal Ramos e Prof. ^a Dr.^a Anaide Wrublevski Aued por terem aceitado o convite e participarem da finalização deste importante ciclo.

“Nascemos com os olhos acostumados ao azul das águas. Temos um corpo que anseia pelo braço do mar e, um pulmão que aceita grandes privações de ar apenas para prolongar a nossa vida no mundo azul. Somos homens e mulheres de espírito inquieto. Buscamos na nossa vida mais do que foi dado. Passamos por grandes provas para nos aproximar dos peixes.

Transformamos nossos pés em grandes nadadeiras, seguramos o calor do nosso corpo com peles falsas e chegamos até a levar um novo pulmão em nossas costas. E tudo isto para quê? Para podermos satisfazer uma paixão, um sonho. Porque nós, algum dia, de alguma forma, fomos apresentados a um mundo novo. Um mundo de silêncio, calma, mistério, respeito e amizade.”

(Jacques Yves Cousteau, 2007)

RESUMO

As regiões costeiras costumam atrair muitos visitantes e embora este tipo de turismo colabore com a economia regional, é importante avaliar se os visitantes danificam o ambiente marinho afim de evitar que este ecossistema seja prejudicado. Alguns estudos já vem identificando os impactos causados por mergulhadores em recifes de corais e a relação entre o crescimento deste tipo de atividade com o aumento dos danos causados. Este trabalho tem como objetivo analisar os possíveis danos que o recife Ningaloo vem sofrendo, decorrentes dessa interação. A pesquisa foi feita em 2015 no recife de franja da praia de Bill's Bay, localizada em Coral Bay, Oeste Australiano e que compreende a porção sul do recife Ningaloo. Esta região foi dividida em três áreas, as quais foram analisadas utilizando a metodologia à deriva, a qual delimitou-se através de referências terrestres, três áreas de mergulho livre, onde o trajeto percorrido em busca de corais danificados foi demarcado por um gps, destacando as localizações exatas dos impactos encontrados. Além disso, foi medida a profundidade dos corais encontrados danificados e os mesmos foram identificados através de uma tabela morfológica e fotografados. O trabalho propõe diferentes formas de relacionar os danos e através dos resultados obtidos foi possível comprovar que os impactos causados por mergulhadores provavelmente estão relacionados com a localização, morfologia e profundidade. A partir destes resultados, torna-se possível estudos futuros aprofundados, visando a preservação dos recifes de corais através de um plano de manejo focado no turismo terrestre e aquático.

Palavras-chave: Turismo. Conservação. Ningaloo.

ABSTRACT

Coastal regions tend to attract many visitors and although this type of tourism contributes to the regional economy, it is important to assess whether visitors damage the marine environment in order to prevent this ecosystem from being harmed. Some studies have already identified the impacts caused by divers on coral reefs and the relationship between the growth of this type of activity and the increase of the damage caused. This work aims to analyze the possible damages that the Ningaloo reef has been suffering from snorkeling activity. The survey was conducted in 2015 on the fringing reef of Bill's Bay, located in Coral Bay, Western Australia and comprising the southern portion of the Ningaloo reef. This region was divided into three areas, which were analyzed using the drift methodology, with three free diving areas which was delimited by land references, searching damaged corals, using a GPS to track the path and highlighting the exact locations of the impacts encountered. In addition, the depth of damaged corals was also measured and they were identified through a morphological table and photographed too. The work proposes different ways to relate the damages and through the obtained results it was possible to prove that the impacts caused by divers are probably related to the location, morphology and depth of the corals. From these results, it becomes possible to further future studies, aiming the preservation of coral reefs through a management plan focused on terrestrial and aquatic tourism.

Keywords: Tourism. Conservation. Ningaloo.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 À direita: mapa geral da Austrália destacando a localização de Coral Bay; à esquerda: mapa ampliado de Coral Bay, indicando a localização de Bill's Bay..... 18
- Figura 2 Mapa ampliado da praia de Bill's Bay, Austrália destacando as três áreas de estudo. As duas regiões ao sul, circuladas por laranja, referem-se às áreas de estudo de impacto, enquanto a área mais isolada ao norte, circulada por amarelo, refere-se à zona de controle.20
- Figura 4 Corais danificados encontrados na baía de Bill's Bay. A foto A apresenta um coral de espécie não identificada, em forma de placa que teve uma parte quebrada provavelmente por mergulhador; foto B da figura 4 apresenta um coral ramificado (*Acropora* sp.) que teve sua ramificação quebrada; foto C da figura 4 apresenta um coral ramificado de espécie não identificada que teve parte quebrada.....23
- Figura 5 Foto A, apresenta exemplo de impacto antropogênico provavelmente relacionado à ancoragem; foto B provavelmente dano causado por desastres naturais; foto C refere-se ao impacto causado por branqueamento de corais24
- Figura 6 Mapa ampliado da praia de Bill's Bay com as duas regiões de estudo delimitadas pela linha vermelha, onde as linhas internas de cor preta representam os trajetos analisados para a pesquisa25
- Figura 7 Mapa ampliado da região Sul da orla de Bill's Bay, representando a área de controle delimitada pela linha amarela, onde as linhas internas de cor preta representam os trajetos analisados durante a pesquisa26
- Figura 8 Mapa de calor da praia de Bill's Bay indicando as regiões que mais sofrem danos da interação de mergulhadores com os recifes de corais; as diferentes cores do heatmap indicam a quantidade de incidência de impactos, os tons vermelhos indicam as regiões com alto nível de danos e conforme vai esverdeando os impactos vão sendo menos frequentes....27
- Figura 10 Fotos A e C apresentam um coral ramificado *Acropora* sp. com parte de suas ramificações danificadas; a foto B consiste em um coral em forma de placa, conhecido como “Coral Repolho” *Turbinaria* sp., com algumas peças quebradas; a imagem D refere-se à um coral também do gênero *Acropora*, porém em forma de prato ou placa, no qual foi observado um buraco indicando degradação parcial da colônia.28
- Figura 11 Foto E refere-se a um coral ramificado, do gênero *Acropora*, com parte de uma ramificação caída; as fotos F, G e H consistem em corais em forma de placas, conhecidos

como “Coral Repolho” (*Turbinaria sp.*) com algumas peças quebradas; na foto H também é possível identificar uma ramificação do gênero *Acropora*.29

Figura 12 Tabela relacionando número de corais danificados dentro da área total pesquisada com as respectivas morfologias30

Figura 13 Tabela relacionando número de corais danificados encontrados na área 1 com as respectivas morfologias31

Figura 14 Tabela relacionando número de corais danificados encontrados na área 2 com as respectivas morfologias31

Figura 15 Tabela relacionando número de corais danificados encontrados na área controle com as respectivas morfologias32

Figura 16 Histograma relacionando profundidade com os corais danificados.....33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GIS – Geographic Information Systems

VS – Versus

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos.....	17
2	METODOLOGIA	18
2.1	ÁREA DE ESTUDO	18
2.2	DELIMITAÇÃO EXPERIMENTAL.....	19
2.3	AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS	21
2.4	CORREÇÕES DE VARIAÇÕES DE MARÉS x PROFUNDIDADE	21
2.5	DIFERENCIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR MERGULHADORES E DANOS CAUSADOS POR OUTRAS ATIVIDADES ANTROPOGÊNICAS	22
3	RESULTADOS.....	25
3.1	LOCALIZAÇÃO VS. IMPACTOS	25
3.2	MORFOLOGIA DE CORAIS VS. IMPACTOS	27
3.3	PROFUNDIDADE VS. IMPACTOS.....	32
4	DISCUSSÃO	34
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Os recifes de corais possuem uma biodiversidade única e exercem funções ecológicas importantes para um ambiente marinho saudável. Esses ambientes são essenciais para a reprodução de aproximadamente 25% dos peixes, são importantes esconderijos para o desenvolvimento e proteção de filhotes e adultos e; servem como habitat, zona de alimentação e reprodução das mais variadas espécies (NOAA, 2007). Além disso, proporcionam um aumento dos recursos econômicos, valores culturais, proteção da costa, busca pelo turismo (Giglio et al., 2015), recursos de alimentação e novos medicamentos (NOAA, 2007). Porém, as regiões recifais também são as que mais sofrem ameaças, seja por desastres naturais, ou por fatores antropogênicos (Ferrigno et al., 2016). Dentre os fatores antropogênicos que podem afetar os recifes de corais está o crescimento de cidades costeiras sem planejamento ambiental e urbano, poluição e a falta de um plano de turismo ressaltando questões ambientais e delimitando número diário de mergulhadores que acessam o recife.

O mergulho é uma atividade turística capaz de aproximar as pessoas do ambiente subaquático. A procura por mergulhos recreativos em regiões costeiras vem crescendo e consequentemente os danos causados a esses ambientes também (Gonson et al., 2016). Esses danos estão diretamente relacionados com a quantidade de pessoas que acessam a zona costeira e seus comportamentos embaixo d'água, resultando em perda de biodiversidade, tal como, perda de espécies importantes para a manutenção deste habitat (Gonson et al., 2016).

O turismo é uma das indústrias que mais cresce no mundo. Devido às belezas naturais subaquáticas e à alta biodiversidade dos recifes, este ecossistema atrai muitos turistas anualmente (Barradas et al., 2012). De acordo com Spalding et al. (2017), o turismo nas regiões recifais é economicamente importante, gerando empregos e renda, porém, a falta de controle e manejo das pessoas que visitam diariamente esses ambientes, sem as devidas precauções durante o mergulho, pode causar impactos em longo prazo. Barradas (2012), Spalding (2017) e Zakai et al. (2000) concordam também que os impactos ocorrem através do contato direto ou indireto dos mergulhadores, podendo resultar na diminuição ou perda da fauna marinha. Os contatos diretos são aqueles considerados propositais, como por exemplo o toque ou quebra com as mãos. Dentre os contatos indiretos, aqueles que não são intencionais, está o toque ou quebra com as nadadeiras; a perda de fluabilidade podendo acarretar no contato do corpo com o recife ou até mesmo com o substrato e consequentemente levantando sedimentos e; a aproximação de câmara com o recife, podendo ocasionar o contato.

Estudos para analisar o impacto do mergulho em recifes de corais já foram realizados na Grande Barreira de Corais na Austrália, onde notou-se durante o estudo que, cada mergulhador observado, fez em média 15 contatos com o recife de coral por mergulho (Rouphael & Inglis, 2001); nas Filipinas, dos 100 mergulhadores observados, obteve-se o resultado de que 88% de indivíduos que fizeram contato com o recife de coral em algum momento do mergulho (Roche et al., 2016); em Santa Lucia no Caribe, onde foram observados 353 mergulhadores, aproximadamente 74% fizeram ao menos um contato com o substrato recifal (Barker & Roberts, 2004).

Muitos ambientes recifais que são pontos turísticos de mergulho, ainda não foram analisados, dentre estes locais, está Coral Bay, uma cidade localizada no estado do Oeste Australiano, banhada pelo Oceano Índico. Nesta região encontra-se uma parte do recife Ningaloo, um recife de franja que está localizado a alguns metros da praia de Bills Bay, principal balneário de Coral Bay. O clima quente, as belezas naturais, a alta biodiversidade marinha e a facilidade de acesso aos recifes são alguns fatores que atraem turistas para atividades de mergulho e pesca recreativa. No geral, regiões muito procuradas como destinos turísticos, acabam sendo degradadas e prejudicadas ao longo do tempo, seja pelo número de acessos ao local, ou pelo desenvolvimento da cidade. É importante haver um equilíbrio entre manter o turismo em regiões de biodiversidade e assegurar àquele ambiente o mínimo de impactos negativos possível. Para atingir este equilíbrio, Coral Bay tem um Plano de Estrutura de Estadia, o qual determina o número máximo de visitantes autorizados a permanecer durante a noite na cidade. Desde os anos 2015, este número se mantém em 800 pessoas (Regional Development, 2015). Durante a elaboração deste plano, foi utilizada modelagem para prever as mudanças nos impactos na área de estudo, onde se observou que haveria um declínio de 5 a 7% nos ambientes recifais próximos às áreas com maior frequência de mergulhos. Considerando que a região é parte do Patrimônio Mundial, trata-se de um nível aceitável de mudança. Pois, seguindo as diretrizes de Patrimônio da Humanidade, é fundamental cada local ter um plano efetivo e ativo, garantindo proteção, conservação e preservação de sua área (World Heritage Committee, 2011). Infelizmente, até 2015, nenhum estudo prévio foi feito em Coral Bay para avaliar os danos causados por mergulhadores nos recifes de corais relacionando o número atual de visitantes permitidos. Portanto, torna-se essencial que um estudo seja feito para analisar o tipo de relação que está ocorrendo entre o recife Ningaloo e seus visitantes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral analisar se existe ou não impactos relacionados ao mergulho que podem danificar os ambientes recifais.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

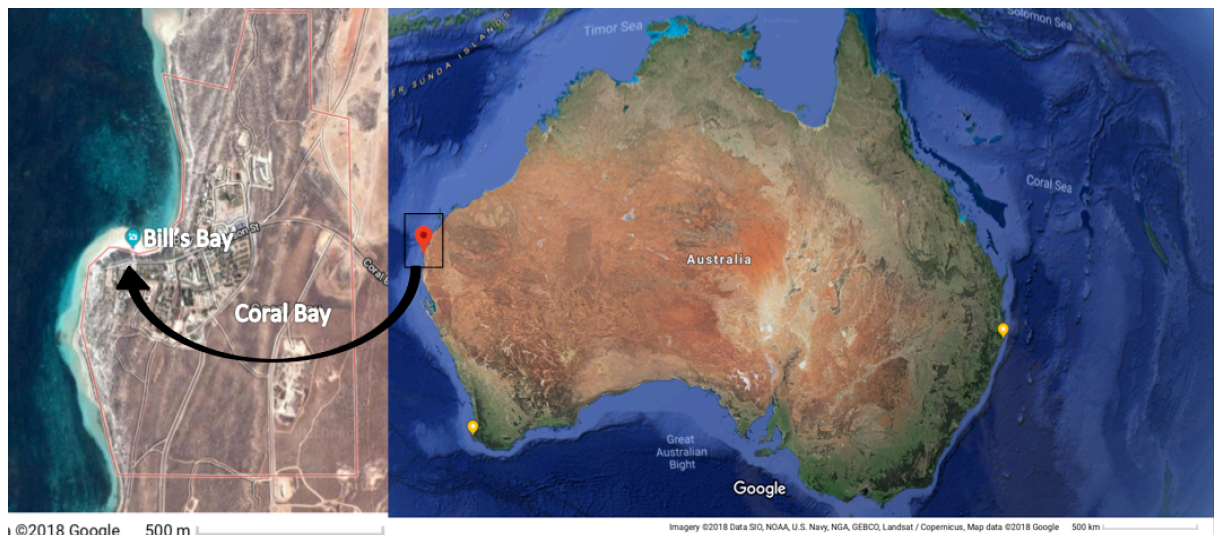
- Buscar a identificação de um padrão entre os pontos de recifes impactados e sua localização em relação à baía;
- Examinar se a morfologia dos corais está relacionada com a vulnerabilidade dos mesmos;
- Confirmar se existe relação entre a profundidade e os corais encontrados danificados.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Coral Bay é um pequeno vilarejo localizado na região Sudeste ao final da Área de Patrimônio Mundial da Costa Ningaloo, a cerca de 1200km de Perth. O recife Ningaloo foi introduzido na lista de Patrimônios Mundiais em 2011, através de três critérios principais, sendo eles: área de beleza natural singular, biodiversidade excepcional e zona de importantes habitats (Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, 2010). É um recife de franja e possui fácil acesso através da praia de Bills Bay, principal praia de Coral Bay.

Figura 1 À direita: mapa geral da Austrália destacando a localização de Coral Bay; à esquerda: mapa ampliado de Coral Bay, indicando a localização de Bill's Bay.



Fonte: Google Satélites (2018)

A água quente, o fácil acesso e as belezas naturais tornam esta região um dos destinos mais populares do estado do Oeste Australiano. Aproximadamente 84% dos visitantes de Coral Bay, estão em busca do mergulho livre (Jones et al., 2009). Uma pesquisa do Centro de Pesquisas da Cooperativa de Turismo Sustentável mostrou que, além da prática deste esporte, a natureza intocada dos ambientes marinhos e terrestres e o clima agradável da região, são os principais fatores que influenciam na escolha do destino (Jones et al. 2009).

O estudo atual foi conduzido nos recifes de corais da praia de Bill's Bay, a praia principal de Coral Bay e, sentido Norte da costa em um local conhecido pelos nativos como

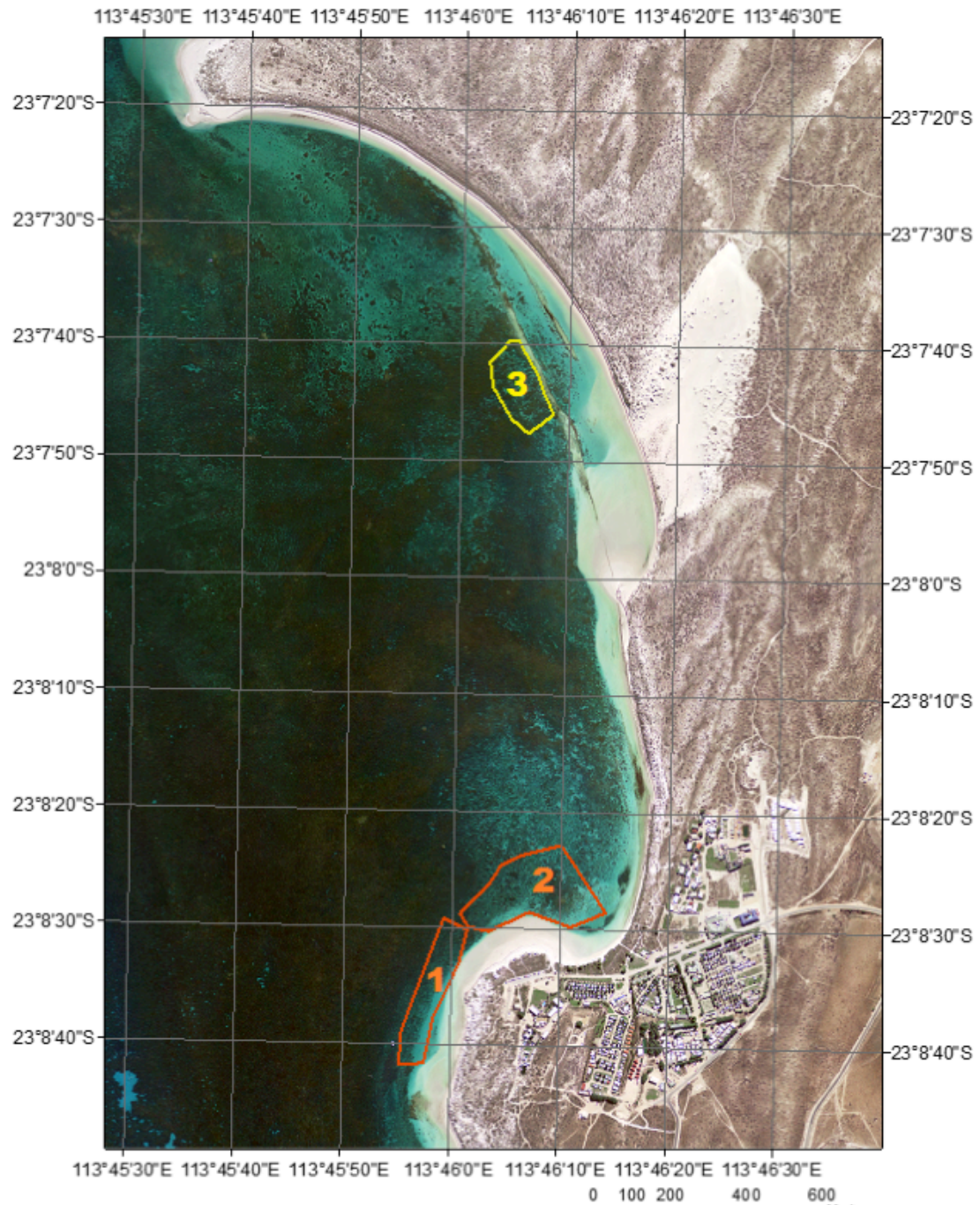
“berçário de tubarões”. Neste momento optou-se por focar o estudo nas regiões recifais próximas à praia e à áreas de ancoragem.

2.2 DELIMITAÇÃO EXPERIMENTAL

Depois de analisar a área de Bill's Bay, foi decidido que o método mais eficaz seria dividir a baía em três grandes quadrantes, sendo um destes uma área de controle, onde a acessibilidade era semelhante às outras áreas, porém possuía baixo número de banhistas.

As três áreas de estudo estão representadas na Figura 2, partindo do sul ao norte, são: Área 1 - uma região ao sul da praia de Bill's Bay, muito utilizada pelos turistas, incluindo mergulhadores e barcos; Área 2 - uma área de ancoragem para os barcos, mais exposta às correntes marítimas, onde existe uma linha de corais de 150m de largura que acompanha o desenho da costa. Neste local, mergulhadores recreativos e banhistas foram vistos com frequência; Área 3: é a zona de controle, localizada ao Norte de Bill's Bay, onde se encontra o berçário de tubarões e uma barreira de areia. A área de controle, foi analisada no último dia, devido às condições climáticas mais favoráveis que facilitavam o acesso e não comprometiam a eficiência da pesquisa.

Figura 2 Mapa ampliado da praia de Bill's Bay, Austrália destacando as três áreas de estudo. As duas regiões ao sul, circulas por laranja, referem-se às áreas de estudo de impacto, enquanto a área mais isolada ao norte, circulado por amarelo, refere-se à zona de controle.



Fonte: Geographic Information System (GIS), 2015

2.3 AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados durante três dias no início do mês de Setembro de 2015, através de uma disciplina da Universidade Curtin, por duas duplas de estudantes e com o auxílio de professores. Os mergulhos foram realizados durante as manhãs, graças às condições climáticas. Devido à alta frequência de ventos fortes na região, principalmente na região mais ao Sul de Bill's Bay, não foi possível padronizar a metodologia de coleta para uma análise de área transversal, ou de transectos fixos, portanto optou-se por utilizar a metodologia à deriva. Nesta metodologia os estudantes mergulharam dentro de um espaço utilizando uma referência terrestre, salvando o trajeto com um GPS e demarcando os pontos onde encontravam corais danificados. Foi utilizada uma chave taxonômica de morfologia de corais; uma corrente de três metros, marcada de 10 em 10cm, que possibilitava medir a profundidade e; uma câmera fotográfica para fotografar os corais danificados que foram encontrados durante a pesquisa. O estudo foi conduzido levando aproximadamente de uma a duas horas em cada região, variando de acordo com o número de incidências de corais danificados encontradas por área. Após o levantamento de dados, os dados foram compilados nos programas Excel e GIS para que fosse possível uma estimativa de incidência e a criação de um mapa de calor. Além disso, com a chave taxonômica utilizada, também foi possível comparar abundância e morfologia gerando tabelas no programa Excel.

2.4 CORREÇÕES DE VARIAÇÕES DE MARÉS x PROFUNDIDADE

Foi necessário padronizar os dados de profundidade de acordo com as variações dos movimentos de maré, para evitar erros de análise. Os dados de profundidade foram corrigidos, uma vez que todas as medidas foram utilizadas sendo comparadas diretamente com a maré astronômica mais baixa daquele período. Os registros de hora e data de cada dado coletado foram comparados a dados online de movimentos de marés encontrado no site Willy Weather (<http://tides.willyweather.com.au/wa/gascoyne/coral-bay.html>) e, posteriormente, a profundidade foi ajustada de acordo com a maré. Este cálculo foi feito utilizando uma tabela no Excel, onde foi compilado os dados de profundidade de acordo com dia e horário dos movimentos de marés e, por fim, subtraiu-se das profundidades as respectivas variações de maré. Por exemplo, se um coral danificado foi encontrado a 4m de profundidade e naquele momento a variação de maré estava 2,5m a profundidade padronizada é 1,5m. Uma vez que a

profundidade foi corrigida para o movimento de flutuação da maré, os dados foram compilados para análise em um histograma.

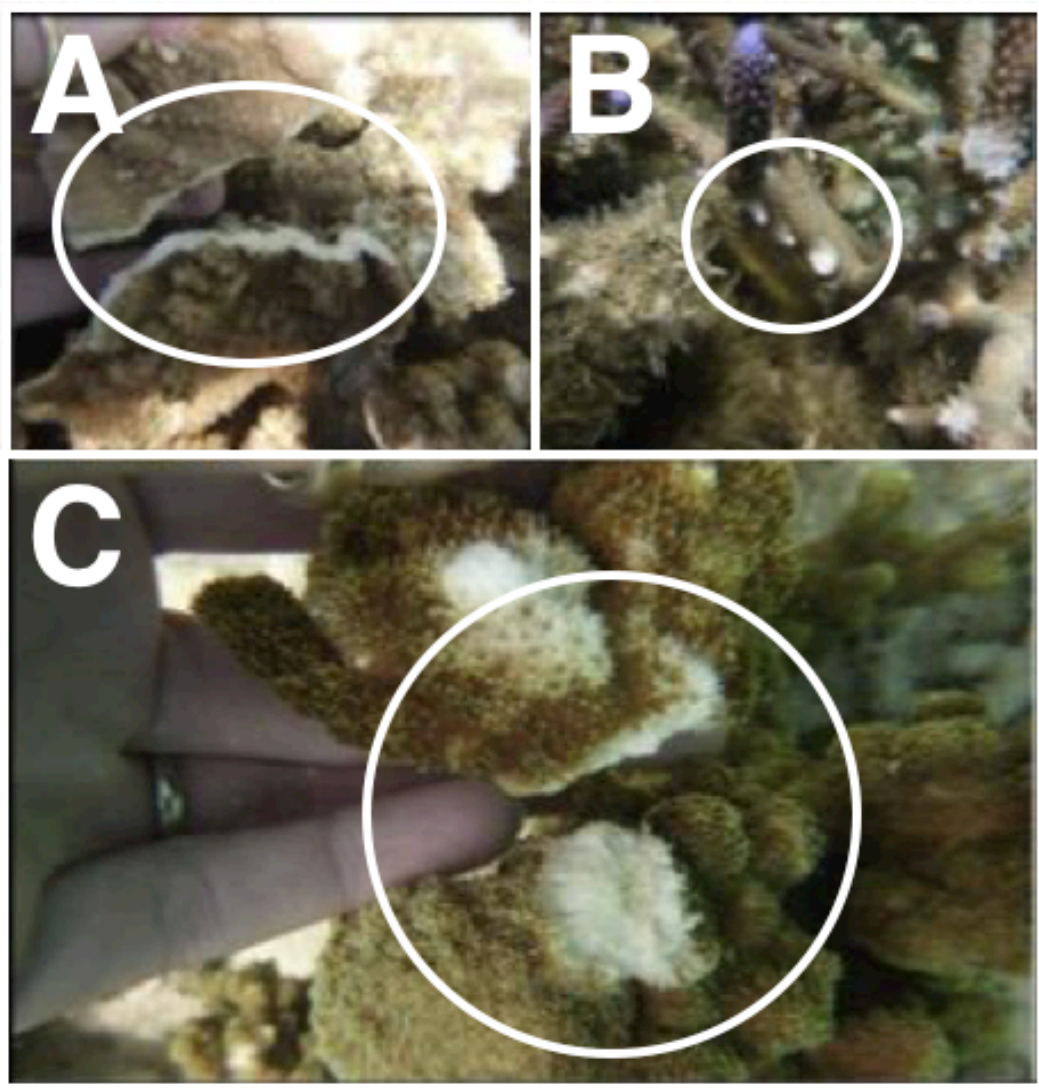
2.5 DIFERENCIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR MERGULHADORES E DANOS CAUSADOS POR OUTRAS ATIVIDADES ANTROPOGÊNICAS

Para que fosse possível avaliar correta e precisamente se os danos encontrados nos corais estavam relacionados ao mergulho livre e não à outras fontes, foram feitos mergulhos prévios com a professora Nicola Browne, especialista em recifes de corais, onde foram identificadas algumas características de danos causados por desastres naturais e possíveis danos causados por mergulhadores.

Durante estes mergulhos, determinou-se que os danos de snorkeling são caracterizados por alguns sinais indicativos: 1) pedaços de corais quebrados, na maioria das vezes, encontrados próximas às colônias; 2) as quebras provindas de mergulho, geralmente são em pequena escala e restritas a afloramentos proeminentes e vulneráveis de corais; os afloramentos de corais mais chamativos são quebrados para serem utilizados como souvenir, artesanato ou lembrança e; as quebras mais recentes, podem ser identificadas em um coral por apresentarem uma borda plana e lisa e, em sua grande maioria, com uma substância mucosa secretada pelos coralitos.

A figura 4 apresenta fotos de corais que foram quebrados possivelmente há pouco tempo do momento em que foram encontrados. Esta conclusão deve-se à presença de substância branca mucosa.

Figura 3 Corais danificados encontrados na baía de Bill's Bay. A foto A apresenta um coral de espécie não identificada, em forma de placa que teve uma parte quebrada provavelmente por mergulhador; foto B da figura 4 apresenta um coral ramificado (*Acropora* sp.) que teve sua ramificação quebrada; foto C da figura 4 apresenta um coral ramificado de espécie não identificada que teve parte quebrada.



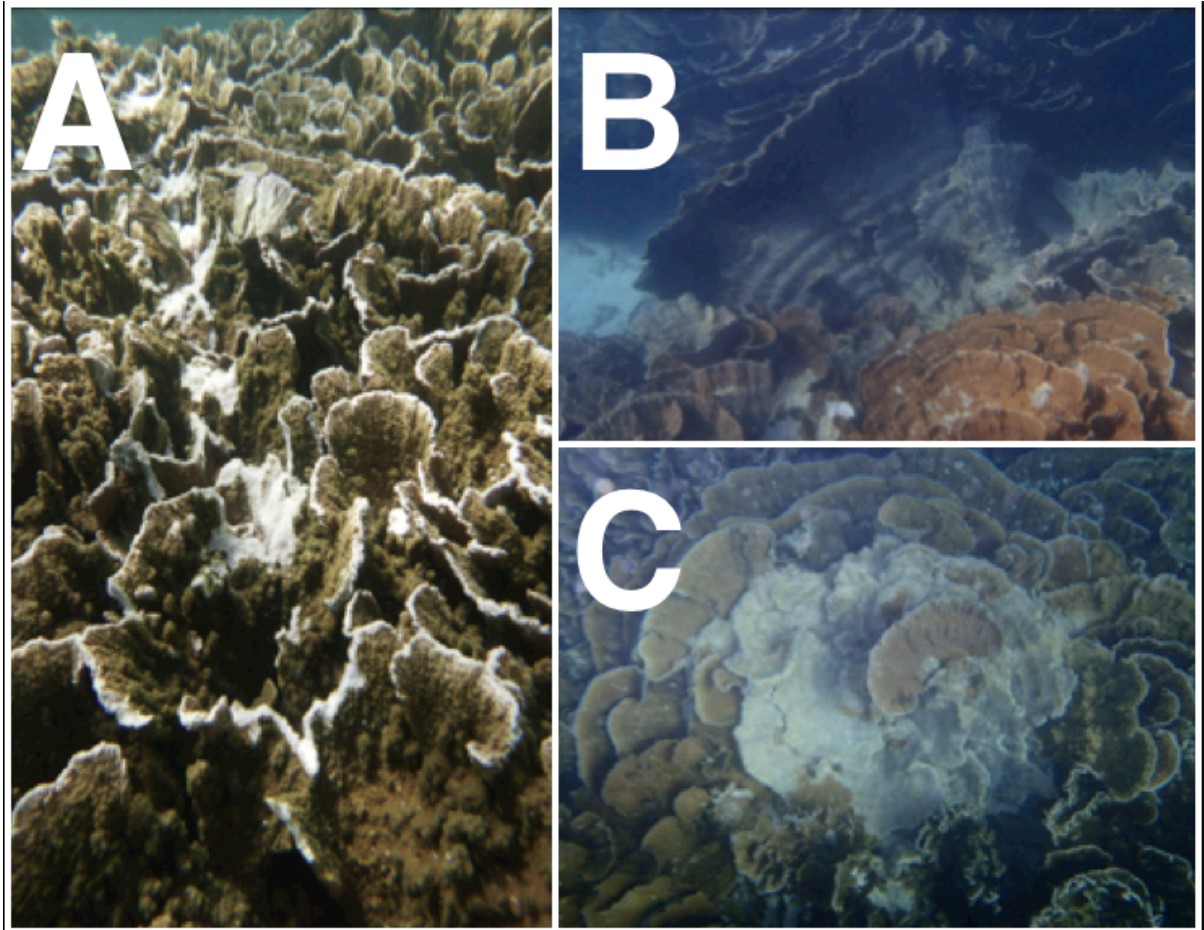
Fonte: Tamiris Latuf Gregolini

As quebras associadas às atividades de navegação, geralmente são de uma proporção maior e apresentam “marcas de arrasto” ou grandes áreas de quebras e danos. Quebras associadas a desastres naturais ou fatores climáticos são caracterizadas por rachaduras em larga escala e recifes de corais, principalmente quando ramificados, tombados ou virados.

Impactos causados por outros fatores além de snorkeling foram encontrados durante a pesquisa dentro das áreas selecionadas, como danos causados por barcos, características de desastres naturais recentes e branqueamento de corais (Figura 5). Estes tipos de impactos

foram coletados, porém foram excluídos da pesquisa atual, visando o objetivo do presente trabalho.

Figura 4 Foto A, apresenta exemplo de impacto antropogênico provavelmente relacionado à ancoragem; foto B provavelmente dano causado por desastres naturais; foto C refere-se ao impacto causado por branqueamento de corais



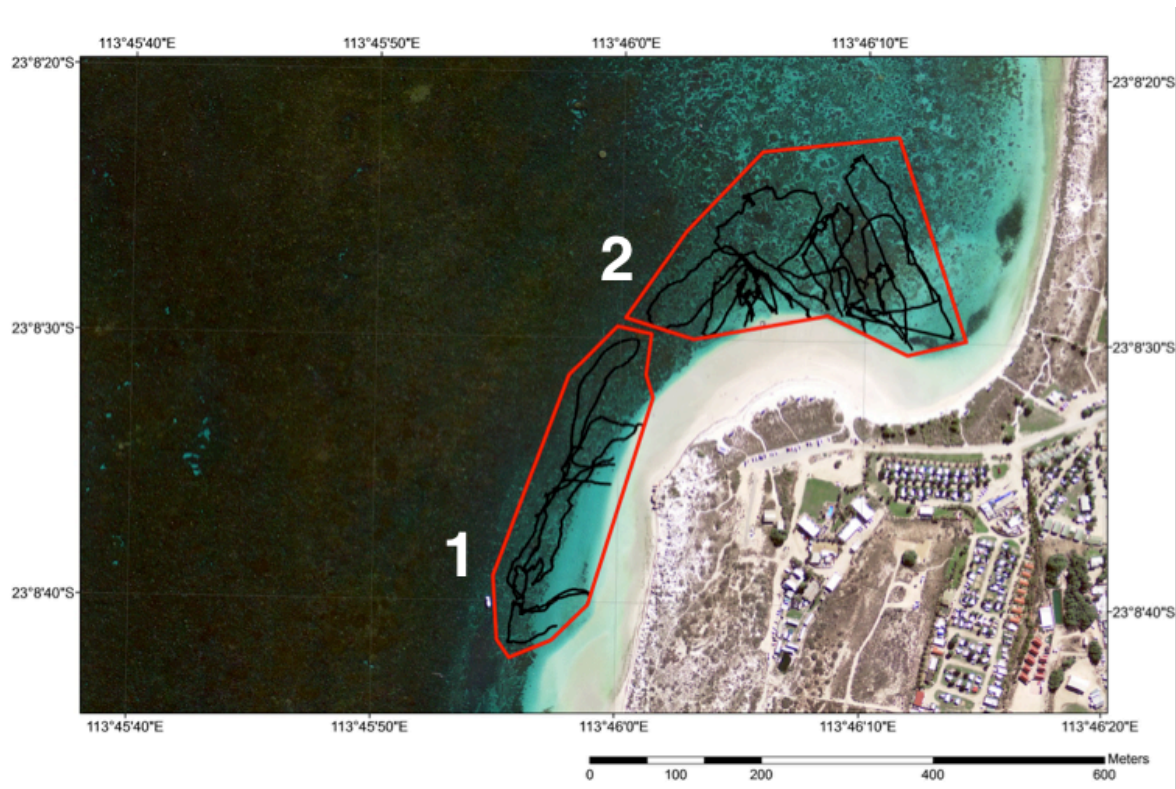
Fonte: Tamyris Latuf Gregolini

3 RESULTADOS

3.1 LOCALIZAÇÃO VS. IMPACTOS

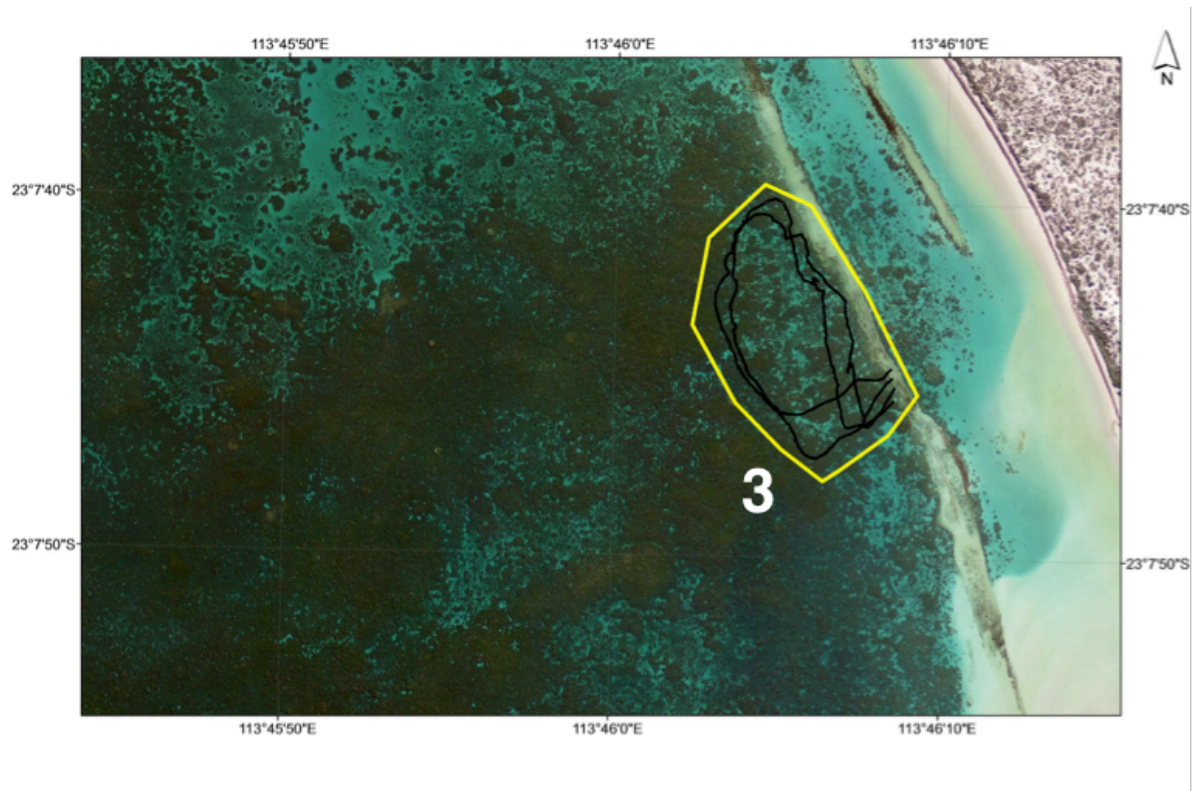
Os dados revelaram que existe impactos nos recifes de corais que são possivelmente causados por mergulho com snorkel, barcos e desastres naturais. As Figuras 6 e 7 destacam a porção de corais do recife de Ningaloo que foi pesquisada, e os dados coletados de acordo com o trajeto feito pelo GPS durante a pesquisa em campo.

Figura 5 Mapa ampliado da praia de Bill's Bay com as duas regiões de estudo delimitadas pela linha vermelha, onde as linhas internas de cor preta representam os trajetos analisados para a pesquisa



Fonte: Geographic Information System (GIS), 2015

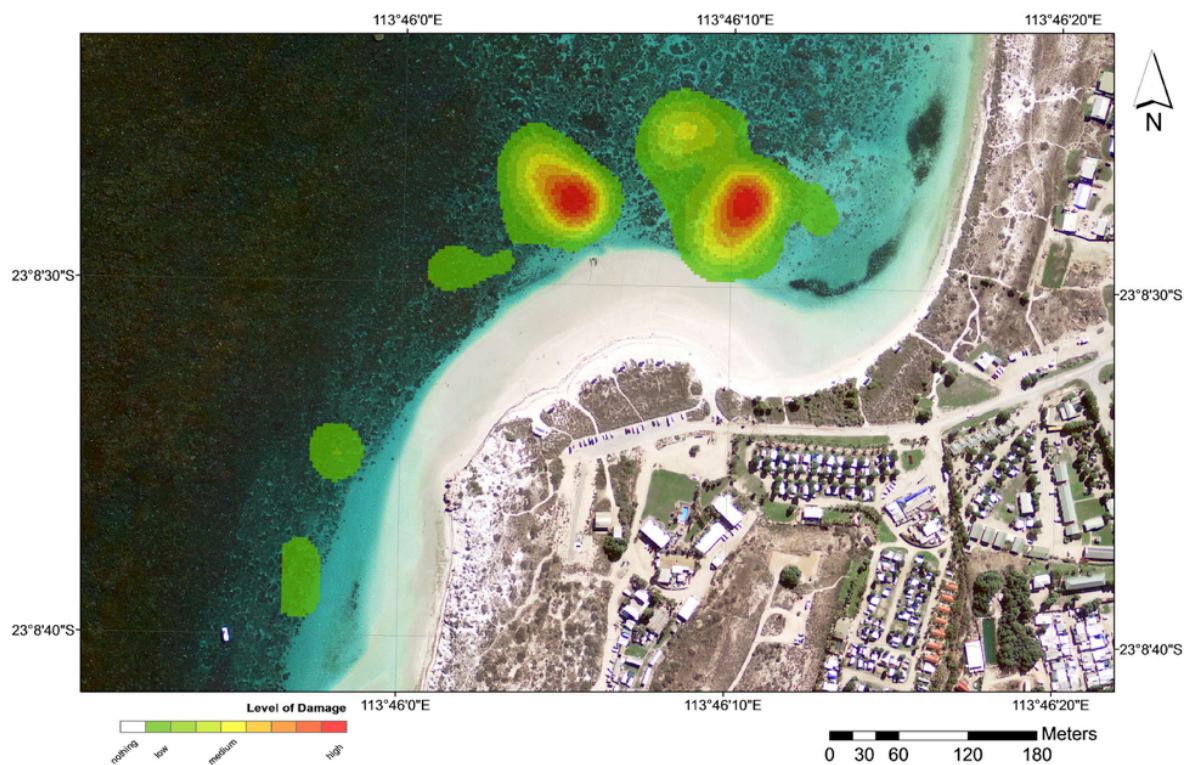
Figura 6 Mapa ampliado da região Sul da orla de Bill's Bay, representando a área de controle delimitada pela linha amarela, onde as linhas internas de cor preta representam os trajetos analisados durante a pesquisa



Fonte: Geographic Information System (GIS), 2015

Com isso, foi criado um mapa de calor interpolando as linhas do traçado do GPS, com fotos de corais danificados, visando indicar as áreas que apresentam maior densidade de impactos causados por mergulhadores, dentro da área analisada (Figura 8)

Figura 7 Mapa de calor da praia de Bill's Bay indicando as regiões que mais sofrem danos da interação de mergulhadores com os recifes de corais; as diferentes cores do heatmap indicam a quantidade de incidência de impactos, os tons vermelhos indicam as regiões com alto nível de danos e conforme vai esverdeando os impactos vão sendo menos frequentes.



Fonte: Geographic Information System (GIS), 2015

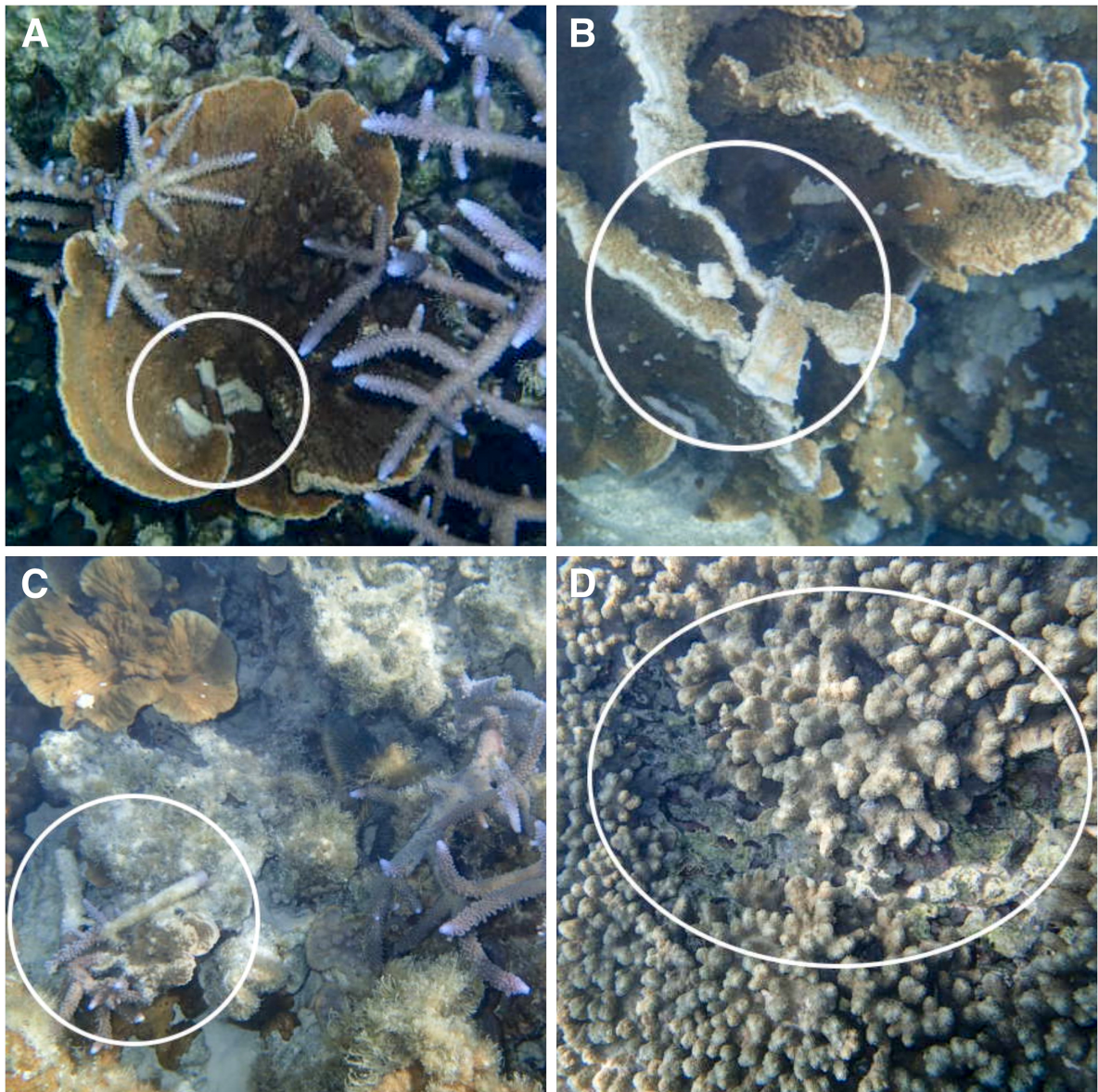
Consequentemente, uma pequena porcentagem do recife de Ningaloo (locais 1 e 2), que fica mais perto da cidade de Coral Bay, apresenta um número substancial de corais quebrados relacionados ao mergulho com snorkel. Em contraste, a porção remota do Recife de Ningaloo, que constituiu o local de controle (local 3) para este estudo, teve muito menos casos de danos causados por atividades de mergulho com snorkel. A maioria dos corais danificados que foram observados na região controle, são consequências de fortes tempestades, branqueamento ou bioerosão, pois raramente membros do público foram vistos andando mais de 500 metros na costa.

3.2 MORFOLOGIA DE CORAIS VS. IMPACTOS

Uma análise morfológica dos diferentes tipos de corais encontrados danificados foi feita para que pudesse ser estimado quais morfologias são mais propensas à quebra.

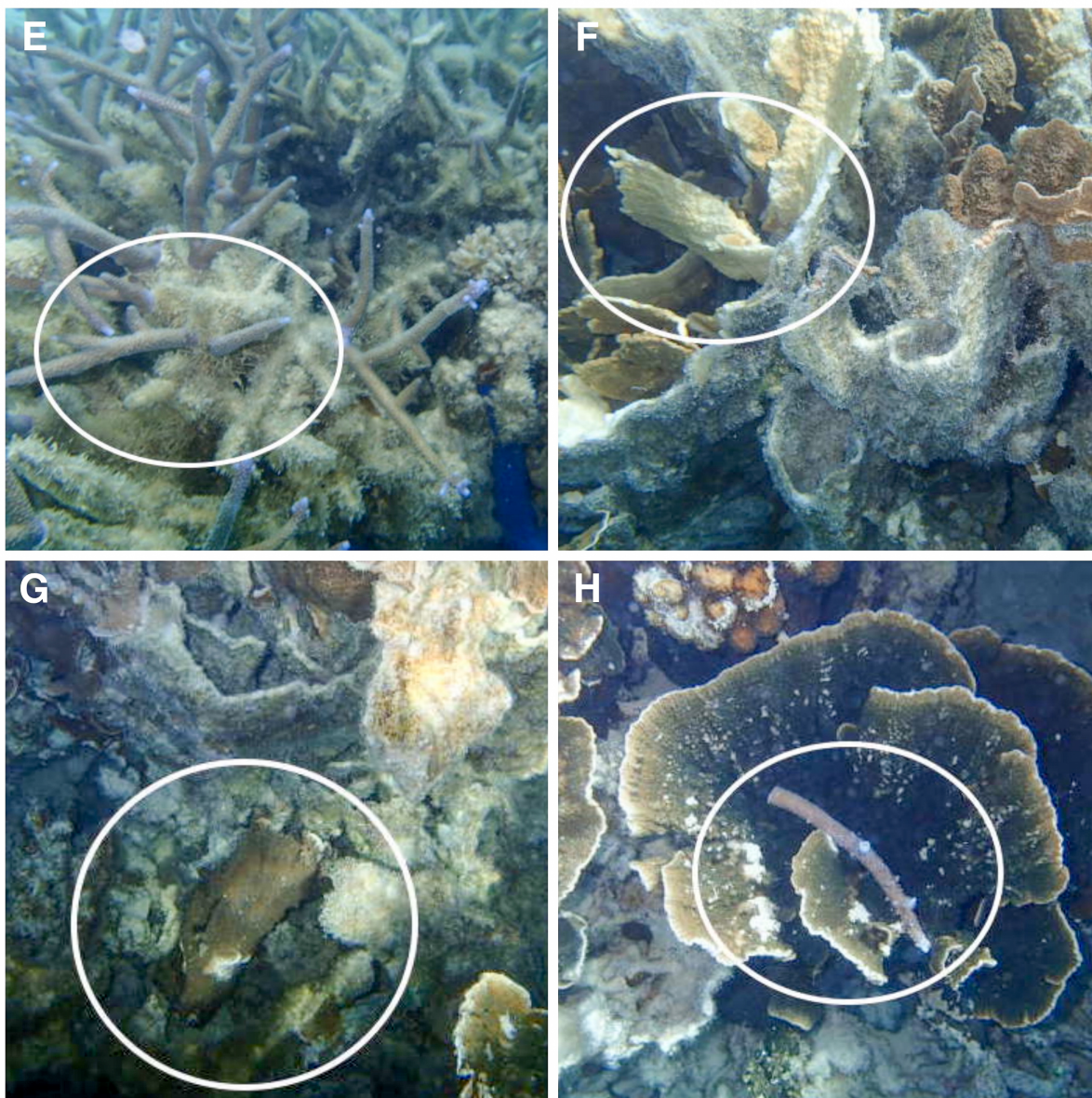
As fotos da Figura 10 e 11 consistem em corais danificados provavelmente devido à interação de mergulhadores com os recifes de corais.

Figura 8 Fotos A e C apresentam um coral ramificado *Acropora* sp. com parte de suas ramificações danificadas; a foto B consiste em um coral em forma de placa, conhecido como “Coral Repolho” *Turbinaria* sp., com algumas peças quebradas; a imagem D refere-se à um coral também do gênero *Acropora*, porém em forma de prato ou placa, no qual foi observado um buraco indicando degradação parcial da colônia.



Fonte: Tamyris Latuf Gregolini

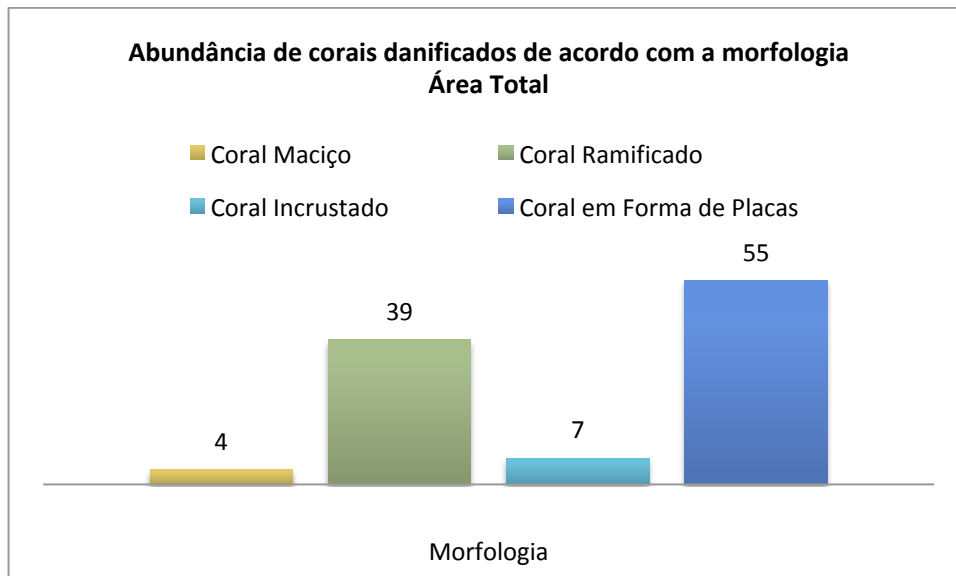
Figura 9 Foto E refere-se a um coral ramificado, do gênero *Acropora*, com parte de uma ramificação caída; as fotos F, G e H consistem em corais em forma de placas, conhecidos como “Coral Repolho” (*Turbinaria sp.*) com algumas peças quebradas; na foto H também é possível identificar uma ramificação do gênero *Acropora*.



Fonte: Tamyris Latuf Gregolini

Os corais maciços, provavelmente são os que menos sofrem impactos provindos do mergulho, assim como os corais incrustados, que também apresentaram um baixo número de incidências de quebras, quando comparado aos corais ramificados e aos corais em forma de placas. Também é possível verificar que a morfologia mais suscetível aos danos causados por mergulhadores são os corais em forma de placas, correspondendo a 52% dos corais danificados (Figura12).

Figura 10 Tabela relacionando número de corais danificados dentro da área total pesquisada com as respectivas morfologias



Além disso, observou-se que nas duas regiões de estudo os corais com mais incidências de quebra, foram os corais em forma de placas. Foi possível constatar uma diferença no número obtido dos corais ramificados que tiveram danos causados pelos mergulhadores. Observa-se que na área 1, este tipo de coral compreende aproximadamente 33% dos corais danificados, enquanto na área 2, os corais ramificados somam 24% do total de corais danificados. Também é possível observar que na área 1, os corais maciços não foram encontrados danificados, enquanto na área 2, o único lugar onde observou-se danos à esta morfologia, eles representam quase 10% do total de corais danificados observados (Figura 13 e 14). Além disso, corais em forma de placas constatados com possível impacto de mergulho na área 2, correspondem a aproximadamente 60% do número total de corais desta morfologia na área.

Figura 11 Tabela relacionando número de corais danificados encontrados na área 1 com as respectivas morfologias

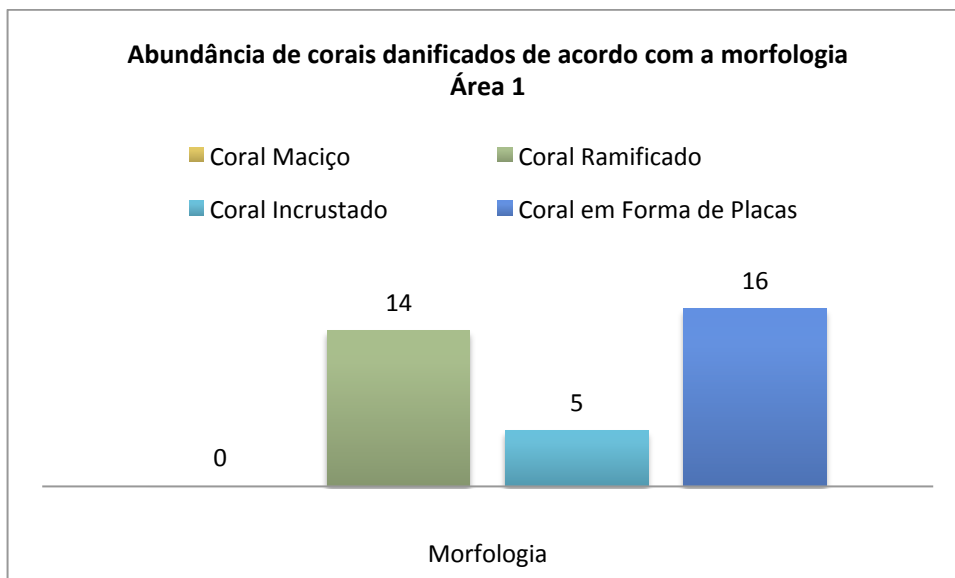
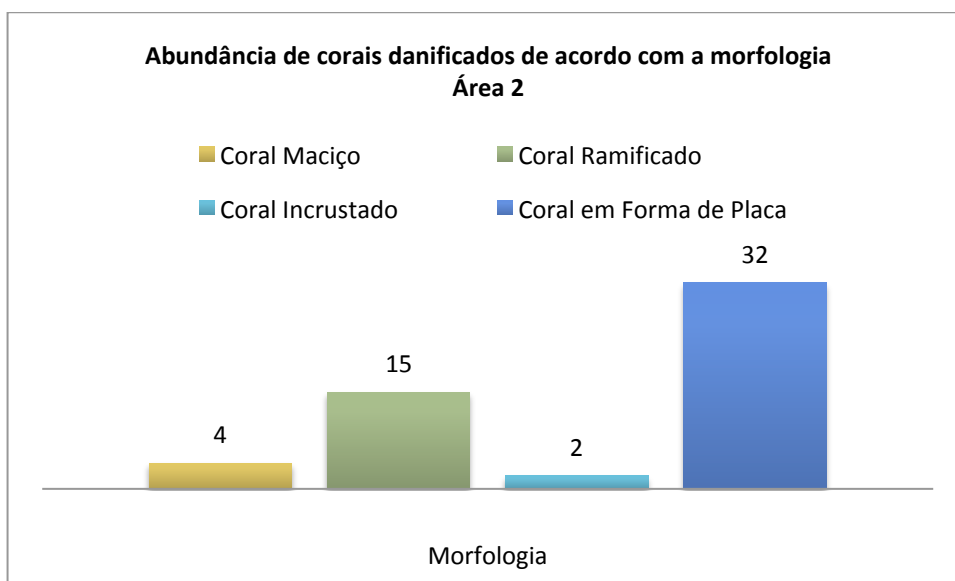
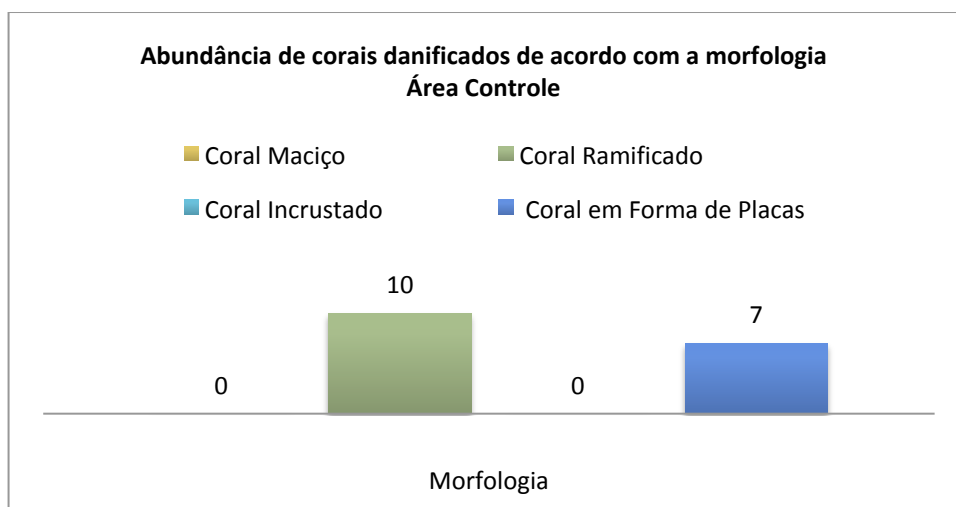


Figura 12 Tabela relacionando número de corais danificados encontrados na área 2 com as respectivas morfologias



Ao comparar os resultados da região controle (área 3) com as outras áreas, observou-se que as quebras nos corais maciços e incrustados não foram identificadas, divergindo assim dos outros resultados. A morfologia mais abundante, dentre os corais danificados na área de controle foram os corais ramificados, seguidos pelos corais em forma de placas (Figura 15), justamente o inverso dos principais resultados obtidos na área 1 e 2. Além disso, é visível que esta região do recife possui um menor número total de quebras relacionadas ao mergulho.

Figura 13 Tabela relacionando número de corais danificados encontrados na área controle com as respectivas morfologias



Comparando de forma geral os resultados obtidos em cada área, é possível afirmar que existe uma semelhança de abundância morfológica de corais danificados entre as áreas 1 e 2, onde os corais em forma de placa e os corais ramificados foram os mais frequentemente vistos com danos relacionados ao mergulho. No entanto, na área 2 obteve-se o dobro de corais em forma de placa danificados. Além disso, na área 2 foi identificado quatro danos em corais maciços, enquanto que nas outras áreas o mesmo não foi visto danificado. Ao comparar os dados obtidos na área 1 e 2 com a região controle, observou-se uma ausência morfológica de corais danificados do tipo maciço e incrustado. E ainda, foi possível observar que, em oposição à semelhança mencionada anteriormente entre a área 1 e 2, na área controle os corais ramificados foram mais frequentemente vistos danificados por mergulhadores do que os corais em forma de placas.

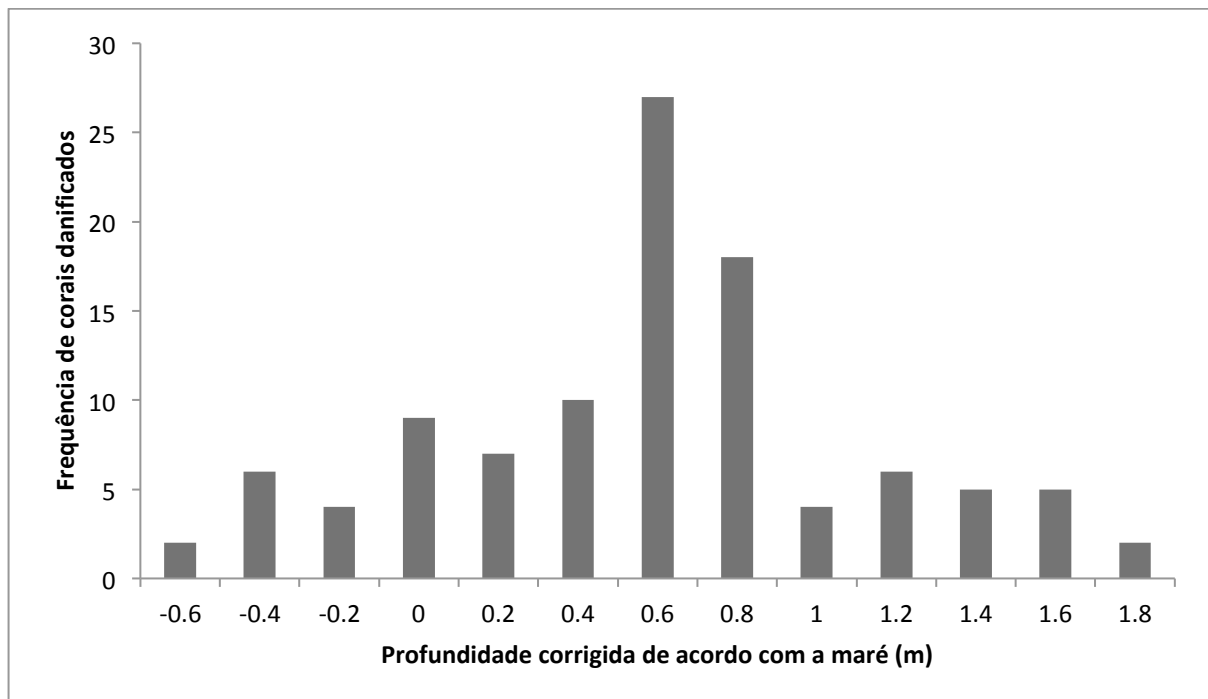
3.3 PROFUNDIDADE VS. IMPACTOS

As incidências de danos nos corais parecem seguir um padrão normal de distribuição relacionado à profundidade. Os corais que apresentaram danos relacionados ao mergulho, foram identificados com maior frequência no intervalo de profundidade de 0,4 e 0,8 metros, demonstrando um pico de ocorrências de danos s 0,6m de profundidade abaixo da maré astronômica mais baixa. As ocorrências de danos também oscilam, no intervalo de -0,4m até 0,4m de profundidade. E são visivelmente reduzidas no intervalo de 1m a 1,8m de

profundidade. Nenhum outro caso de danos foi encontrado, dentro da área estudada, fora desses padrões de profundidade.

Na Figura 16, o histograma normalmente distribuído representa a profundidade das variações de marés padronizadas de acordo com a maré astronômica, desde a mais baixa (sendo abaixo da maré astronômica mais baixa) até a mais alta, onde foi encontrado corais danificados

Figura 14 Histograma relacionando profundidade com os corais danificados.



4 DISCUSSÃO

Baseando-se na pesquisa feita, os resultados mostraram que as áreas mais próximas à praia são mais suscetíveis aos impactos das atividades de mergulho, devido ao fácil acesso à esses pontos. Durante a pesquisa, observou-se que as regiões analisadas no sul apresentavam maiores incidências de interação com o mergulho do que o ponto do norte, provavelmente devido à dificuldade de acesso e distância da praia principal, uma vez que os mesmos foram observados pouquíssimas vezes caminhando até a região norte de Bill's Bay. Além disso, a região norte trata-se de um berçário de tubarões, o que poderia também intimidar o mergulho por ali.

Através dos dados coletados, foi possível analisar as áreas quantitativamente e qualitativamente, através da fotografia subaquática, por exemplo. No entanto, os recifes que sofreram quebras podem ser definitivamente cobertos por rebrota, (Allison, 1996). Portanto, a regeneração e desgastes ou danos provindos de desastres naturais, podem subestimar a abundância de corais danificados devido à interação com o mergulho na Baía de Bill's Bay. No topo do aumento do branqueamento, Coral Bay sofreu grandes quantidades de danos por um grave ciclone de categoria três, no início de 2015 e provavelmente refletiu na grande quantidade de danos causados por desastres naturais na área da pesquisa. Infelizmente, esses fatores naturais prejudiciais são muitas vezes imprevisíveis e deixam opções mínimas para proteção e gerenciamento do recife. Danos por barco e âncora, por outro lado, são fatores antropogênicos, que danificam o recife. Embora apenas um pequeno número de barcos de passeio com fundo de vidro esteja autorizado a operar dentro da área pesquisada, foi observado um grande número de quebras de coral causadas pelos barcos e seus pontos de ancoragem fixos. Além disso, embarcações e âncoras são um dos fatores mais comuns de quebra significativa de corais (Jameson et al., 1999; Dinsdale & Harriott, 2004).

A baía interna de Bill's Bay, foi caracterizada por baixa diversidade morfológica. Os corais em formas de placas e os corais ramificados dominavam a baía compondo um aspecto tridimensional. Embora a área de controle tivesse uma quantidade considerável de corais em forma de placas, os corais ramificados, maciços e incrustantes eram visivelmente predominantes. Levando em consideração a morfologia dos corais que foram encontrados quebrados, obteve-se o resultado de que a morfologia tem influência na vulnerabilidade de quebra dos corais. Algumas características como densidade, porosidade, tamanho e geometria fazem certos grupos de corais serem mais suscetíveis à quebra do que outros (Liddle and Kay 1987 em Rodgers et al., 2003). Além disso, foi observado que alguns grupos são mais

vulneráveis à sofrer os danos causados por desastres naturais e pelos impactos antropogênicos. Os corais ramificados, por exemplo, são mais suscetíveis à quebras causadas por tempestades e ondas (McClary, 2008), devido à sua geometria e densidade. Durante esta pesquisa, os corais em forma de placas e os corais ramificados apresentaram maior incidência de quebra por interação com o mergulho quando comparados com corais maciços e com os corais incrustados. Esses grupos de corais, tem um aspecto morfológico mais perpendicular, resultando em um aspecto vertical onde ficam mais expostos e, conseqüentemente, tornando-o altamente suscetível e mais propenso a rachar. Os corais ramificados têm múltiplos ramos, que resultam em um aspecto de árvore (Federal Geographic Data Committee, 2012). Eles são freqüentemente encontrados em zonas de recifes rasos e, embora sejam mais vulneráveis a danos, dificilmente os danos serão prejudiciais à essa morfologia de corais, porém a superfície coberta por essa morfologia, sofre alterações (Rogers, 1993). Os corais em forma de placa foi o grupo morfológico que apresentou um maior número de danos. São caracterizados pelas suas ramificações que podem ser comparadas como pétalas abertas de uma flor (NOAA, 2007). Essas ramificações são finas e esses corais foram observados em águas rasas, sendo facilmente alcançados por mergulhadores. Ao comparar a morfologia dos corais maciços, com a morfologia dos corais em placas ou ramificados, é possível observar que os corais maciços formam um aspecto tridimensional mais robusto, resultando em maior resistência (Edinger e Risk, 2000). Além disso, a colônia desses corais, forma uma superfície geralmente plana, sendo menos exposta aos danos. Corais incrustantes geralmente se fixam utilizando recifes mortos como substrato e crescem cobrindo a superfície do diâmetro ao invés de aumentar sua altura, o que os torna mais resistentes à quebra quando comparados aos corais ramificados, por exemplo (NOAA, 2007).

As áreas de Coral Bay que possuem fácil acesso pelos mergulhadores e público em geral apresentam uma predominante distribuição vertical de corais mais frágeis e em águas rasas. Foi observado que os corais encontrados abaixo de 1m de profundidade apresentaram menos impactos característicos da atividade de snorkeling, sugerindo que a partir dessa profundidade os organismos ficam menos acessíveis aos mergulhadores, gerando assim, menos danos. No entanto, as mudanças de marés associadas às atividades de mergulho com snorkel, também poderiam ser um fator determinante nos danos aos corais na praia de Bill's Bay. Os resultados sugerem que os corais que estão localizados próximos à superfície, acabam sendo mais vulneráveis aos danos causados por embarcações.

No geral, a área estudada mostrou relativamente alta incidência de danos causados por praticantes de snorkel, porém a área em questão é apenas uma pequena parcela da praia de Bill's Bay e ainda menor considerando a área da Patrimônio Mundial da Costa Ningaloo. No entanto, notou-se que muitos outros fatores antropogênicos e naturais estão relacionados aos danos encontrados no recife. Para obter uma melhor compreensão do efeito que a população atual e visitantes de Coral Bay têm sobre o recife de coral e o que o aumento populacional significará para a saúde do ecossistema marinho, é necessário dedicar um maior período de análise e adicionar algumas outras metodologias como a observação comportamental dos mergulhadores e utilizar uma metodologia de observação de quebra dos corais que crie um padrão de estudo, tornando possível análises estatísticas e relacionadas com a abundância de corais. Além disso, em meio a tantas informações, seria essencial o monitoramento de todos os impactos antropogênicos incluindo: danos causados por embarcações e ancoradouros, poluição da água (principalmente por produtos de proteção solar) e também mergulhadores; além de uma análise de impactos causados por desastres naturais. Com essas informações, um plano de manejo abrangente pode ser formado, concentrando-se na capacidade diária de visitantes ao recife; um guia sobre comportamentos durante um mergulho, levando em consideração todo o ecossistema e biodiversidade e; a criação de caminhos e áreas para os barcos de passeio seguirem rigorosamente. No mais, é importante analisar em grande escala, considerando os diferentes pontos turísticos ao longo do recife Ningaloo. Outros estudos poderiam levar em consideração a incidência dos desastres naturais e de outros danos antropogênicos, como a pesca, a poluição e sedimentação. Ademais, considero importante também estimar a densidade das morfologias de corais na região, a fim de investigar se existe relação da densidade com a frequência de corais quebrados de um determinado tipo.

Portanto, os recifes de corais possuem importância ecológica, econômica, geográfica, social e cultural nas regiões onde estão. Com a falta de manejo relacionada ao crescimento do turismo, as áreas recifais são prejudicadas e conseqüentemente afetam as populações dependentes dos corais. O extremo sul do recife Ningaloo que foi analisado neste trabalho apresenta danos consideráveis relacionados ao mergulho, mas também apresenta danos referentes às atividades embarcadas, à pesca e aos desastres naturais. Concluindo que, por se tratar de uma região onde a busca pelo turismo subaquático vem crescendo, é essencial que haja um monitoramento da saúde dos corais, um plano de manejo que respeite as limitações do ecossistema local e um guia comportamental para instruir os mergulhadores sobre como se relacionar positivamente com o recife.

REFERÊNCIAS

- ALLISON, W. Snorkeler damage to reef corals in the Maldiv Islands. *Coral Reefs*, v. 15, n. 4, p. 215-218, 1996.
- ARMSTRONG, S. Anoxic Impacts At Bill'S Bay, Ningaloo Marine Park Associated With The 2008 Coral Spawning Event: Marine Science Program Data Report Series (MSPDRS). Perth, Western Australia: Department of Environment and Conservation, 2009. . Acesso em: 23 nov. 2018.
- BARKER, N.; ROBERTS, C. Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation*, v. 120, n. 4, p. 481-489, 2004.
- BARRADAS, J. et al. Tourism impact of reef flats in Porto de Galinhas beach, Pernambuco, Brazil. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 45, n. 2, p. 81-88, 2012.
- Coral Bay Tide Times, WA 6701 - WillyWeather. Disponível em: <<http://tides.willyweather.com.au/wa/gascoyne/coral-bay.html>>. Acesso em: 20 set. 2015.
- DINSDALE, E.; HARRIOTT, V. Assessing Anchor Damage on Coral Reefs: A Case Study in Selection of Environmental Indicators. *Environmental Management*, v. 33, n. 1, p. 126-139, 2004.
- EDINGER, E.; RISK, M. Reef classification by coral morphology predicts coral reef conservation value. *Biological Conservation*, v. 92, n. 1, p. 1-13, 2000.
- FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE. Coastal and Marine Ecological Classification Standard. [s.l: s.n.].
- FERRIGNO, F. et al. Corals in high diversity reefs resist human impact. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/ecological-indicators>>. Acesso em: 7 maio. 2018.
- GIGLIO, V.; LUIZ, O.; SCHIAVETTI, A. Recreational Diver Behavior and Contacts with Benthic Organisms in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Environmental Management*, v. 57, n. 3, p. 637-648, 2015.
- GONSON, C. et al. Decadal increase in the number of recreational users is concentrated in no-take marine reserves. *Marine Pollution Bulletin*, v. 107, n. 1, p. 144-154, 2016.
- GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA - DEPARTMENT OF REGIONAL DEVELOPMENT. Shire of Carnavon - Cath a Taste of the Great Life: Coral Bay Settlement Structure Plan 2014. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.planning.wa.gov.au/dop_pub_pdf/Coral_Bay_Settlement_Structure_Plan.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2018.
- JAMESON, S. et al. A coral damage index and its application to diving sites in the Egyptian Red Sea. *Coral Reefs*, v. 18, n. 4, p. 333-339, 1999.
- JONES, T. et al. Ningaloo Coast Region Visitor Statistics: Collected for the Ningaloo Destination Modelling Project. Australia: CRC Sustainable Tourism Pty Ltd, 2009. Disponível em: <<http://ningaloo-atlas.org.au/sites/default/files/Ningaloo%20Coast%20region%20visitor%20statistics.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

MCCLARY, M. Threats to coral reefs - The Encyclopedia of Earth. Disponível em: <https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Threats_to_coral_reefs>. Acesso em: 24 set. 2015.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). NOAA National Ocean Service Education: Corals. [s.l.] Selected by Science Educators from NSTA (SciLinks), 2007. Disponível em: <https://www.coris.noaa.gov/activities/resourceCD/resources/corals_tutorial_bm.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.

ROCHE, R. et al. Recreational Diving Impacts on Coral Reefs and the Adoption of Environmentally Responsible Practices within the SCUBA Diving Industry. *Environmental Management*, v. 58, n. 1, p. 107-116, 2016.

RODGERS, K.; COX, E.; NEWTON, C. Effects of Mechanical Fracturing and Experimental Trampling on Hawaiian Corals. *Environmental Management*, v. 31, n. 3, p. 377-384, 2003.

ROGERS, C. Hurricanes and coral reefs: The intermediate disturbance hypothesis revisited. *Coral Reefs*, v. 12, n. 3-4, p. 127-137, 1993.

ROUPHAEL, A.; INGLIS, G. "Take only photographs and leave only footprints"?: An experimental study of the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites. *Biological Conservation*, v. 100, n. 3, p. 281-287, 2001.

SPALDING, M. et al. Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, v. 82, p. 104-113, 2017.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). DECISIONS ADOPTED BY THE WORLD HERITAGE COMMITTEE AT ITS 35th SESSION (UNESCO, 2011). Paris: [s.n.]. Disponível em: <<https://whc.unesco.org/archive/2011/whc11-35com-20e.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2018.

ZAKAI, D.; LEVY, O.; CHADWICK-FURMAN, N. Experimental fragmentation reduces sexual reproductive output by the reef-building coral *Pocillopora damicornis*. *Coral Reefs*, v. 19, n. 2, p. 185-188, 2000.